



Aalborg Universitet

AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Bentonit : konsolideringsforsøg

datarapport

Thorsen, Grete

Publication date:
2003

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):

Thorsen, G. (2003). *Bentonit : konsolideringsforsøg: datarapport*. Geoteknikgruppen, Institut for Vand, Jord og Miljøteknik, Aalborg Universitet. AAU Geotechnical Engineering Papers Bind R0312 Nr. 59

General rights

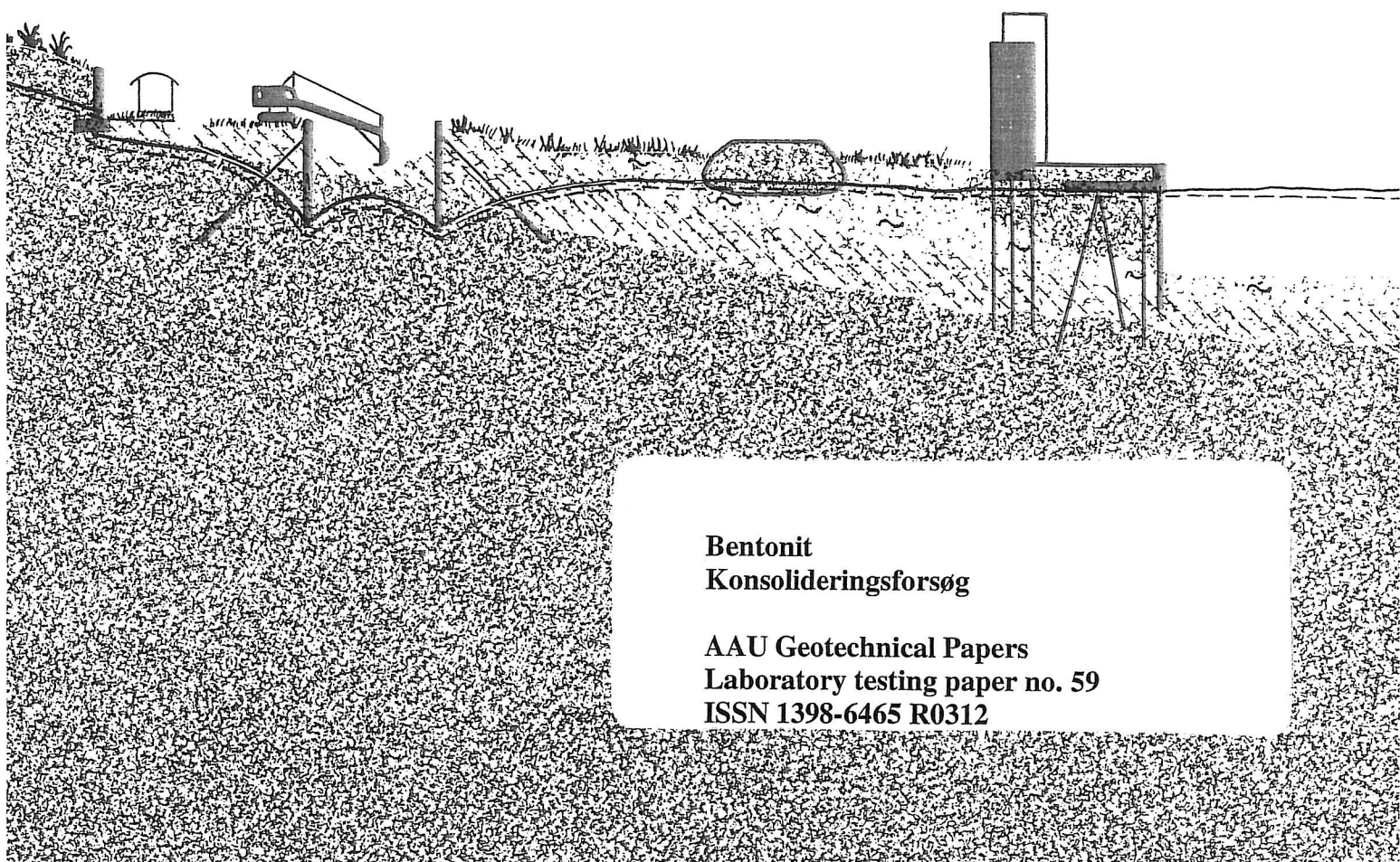
Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LABORATORIET FOR FUNDERING
INSTITUTTET FOR VAND
JORD OG MILJØTEKNIK
AALBORG UNIVERSITETSCENTER



**Bentonit
Konsolideringsforsøg**

**AAU Geotechnical Papers
Laboratory testing paper no. 59
ISSN 1398-6465 R0312**



Aalborg Universitet
Geoteknikgruppen
Sohngaardsholmsvej 57
9000 Aalborg
Danmark

Kontaktperson
lektor Grete Thorsen
Tlf.: 96 35 84 54
Fax: 98 14 25 55
e-mail: i5gt@civil.auc.dk

Bentonit
Konsolideringsforsøg
Datarapport

Udarbejdet Grete Thorsen

Kontrolleret

Godkendt

Bentonit
Konsolideringsforsøg

AAU Geotechnical Papers
Laboratory testing paper no. 59
ISSN 1398-6465 R0312

Indholdsfortegnelse	side
1. Indledning.....	3
2. Formål.....	3
3. Forsøgsmateriale.....	3
4. Forsøgsprogram.....	3
5. Tolkning af forsøg.....	3
6. Resultater.....	4
7. Kommentarer til forsøgsresultater.....	5
8. Referencer.....	6

Bilag
no.

1 og 1a Konsolideringsforsøg. Bentonit

1. Indledning

Denne datarapport indeholder resultatet af et konsolideringsforsøg med bentonitpulver, der er rørt op med vand. Forsøget har kørt over en periode på ca. 1. år.

2. Formål

Formålet med forsøget har været at få forsøgsresultater med materiale, der består udelukkende af lerminerale, og som ikke har været udsat for belastning.

3. Forsøgsmateriale

Materialet er Na-holdigt bentonitpulver, der er rørt op med vand og har stået i ro i en periode før indsættelse i konsolideringsapparatet.

4. Forsøgsprogram

Forsøget er udført i det danske konsolideringsapparat med prøvestørrelse $h \times d = 30 \times 60$ mm og med en lille filtersten i det nederste trykhoved. Som drænvej er anvendt $H_d = 0,7d$.

Forsøget er udført ved trinvis belastning og varigheden af de enkelte belastningstrin har varieret en del, det har været væsentligt at sikre en bestemmelse af krybningsdekadehædningen for hvert belastningstrin. Forsøgets arbejdskurve og kurve over variationen af krybningsdekadehædningen fremgår af bilag 1.

5. Tolkning af forsøg

Der er udført en traditionel tolkning af konsolideringsforsøget til bestemmelse af tøjningsindeks, Q , krybningsdekadehædning, ϵ_s , krybningstøjningsindeks, Q_s , samt konsolideringskoefficienten ved 10^0 , $c_{k10} = k_{10}K/\gamma_w$. Resultaterne fremgår af bilag 1a. På grund af den store krybningsdekadehædning har enkelte af tidskurverne været lidt vanskelige at tolke.

For hvert belastningstrin er bestemt konsolideringsmodulen, $K = \Delta\sigma'/\Delta\epsilon_c$, som stort set svarer til tangentmodulen ved belastningstrinnets middelspænding. Resultatet fremgår af bilag 1a.

Til bestemmelse af forkonsolideringsspænding benyttes normalt følgende kriterier (dgf-Bulletin 15, 2001):

- knæk i $\epsilon_s - \sigma'$ kurven, hvor ϵ_s når den maksimale værdi (Q_s)
- knæk eller spring i $K - \sigma'_{\text{middel}}$ kurven
- afbøjning fra en ret linie i $\sigma' - \epsilon_c$ kurve

Anvendes første kriterium ville man tolke en forkonsolideringsspænding på ca. 100 kPa, mens der ikke findes knæk eller spring i $K - \sigma'_{\text{middel}}$ kurven, eller afbøjning fra en ret linie i $\sigma' - \epsilon_c$ kurven.

Den aktuelle arbejdskurve er sammenlignet med Terzaghi-kurver, $\epsilon = Q \log(1 + (\sigma'/\sigma'_\kappa))$, med forskellige værdier for Q og σ'_κ , og Casagrandes konstruktion er anvendt til vurdering af størrelsen af σ'_{pc} . (afsnit 6, fig. 3)

Ved at antage fuld vandmætning ved forsøgsstart, således at enhver deformation skyldes vandudpresning, er udregnet et begyndelsesvandindhold ved hvert enkelt belastningstrin.

6. Resultater

På bilag 1a er angivet en værdi for Q på 45% svarende til den største hældning af arbejdskurven. Et tøjningsindeks, Q , er et retlinet kurvestykke på arbejdskurven i $\varepsilon_c - \log \sigma'$ afbildning. På den aktuelle kurve er det ikke muligt at optegne en ret linie gennem tre punkter. Hældningen indenfor det enkelte belastningstrin, $Q = \Delta\varepsilon / \Delta \log \sigma'$, er udregnet og er på fig. 1 afsat som funktion af det beregnede begyndelsesvandindhold ved hvert belastningstrin. På samme figur er med punkteret streg vist kurven for den skønnede værdi af Q ud fra skønsformlen for normalkonsoliderede gytjeholdige aflejringer $Q = (w-25)/(w+40)$, samt med prikket streg vist linien for $0.5 \times w$.

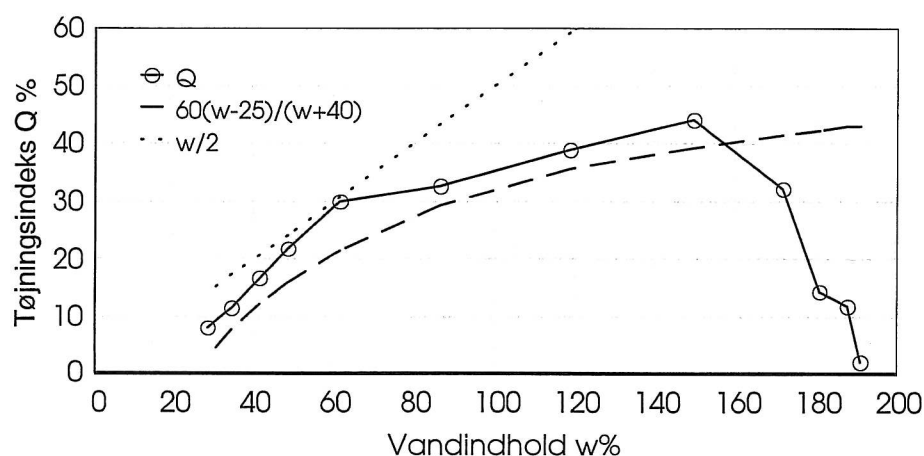


Fig. 1 Variation af $Q = \Delta\varepsilon / \Delta \log \sigma'$ med det beregnede begyndelsesvandindhold ved hvert trin

Den ved hvert belastningstrin udregnede værdi for konsolideringsmodulen K er i fig. 2 afsat som funktion af det beregnede begyndelsesvandindhold ved hvert belastningstrin.

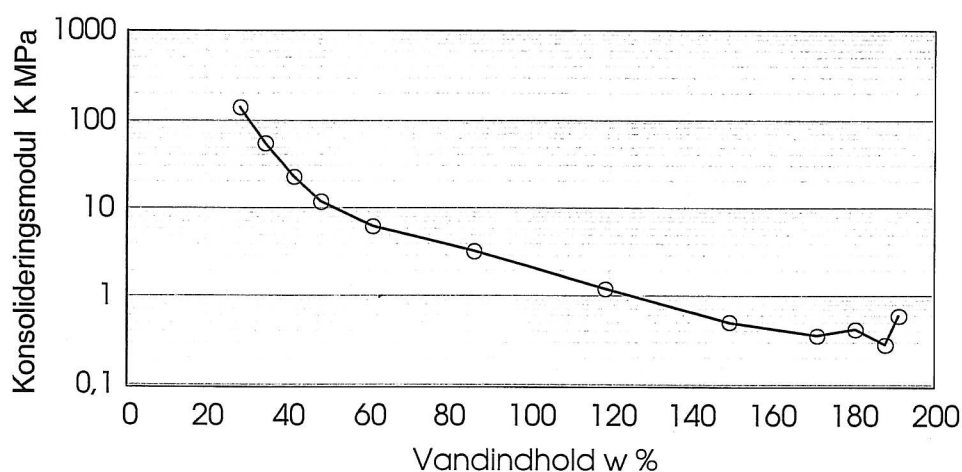


Fig. 2 Variation af K med det beregnede begyndelsesvandindhold for hvert trin

Det har været vanskeligt at bestemme størrelsen af forkonsolideringsspændingen, σ'_{pc} , ud fra de anvendte kriterier. I det følgende er anvendt Casagrandes konstruktion på en Terzaghi-kurve. På fig. 3 er med fuldt optrukket streg vist den aktuelle arbejdscurve for bentonit samt med prikket streg tre Terzaghi-kurver med forskellige værdier for Q og σ'_κ :

$Q = 45\%$, $\sigma'_\kappa = 40$ kPa

$Q = 40\%$, $\sigma'_\kappa = 28$ kPa

$Q = 60\%$, $\sigma'_\kappa = 70$ kPa

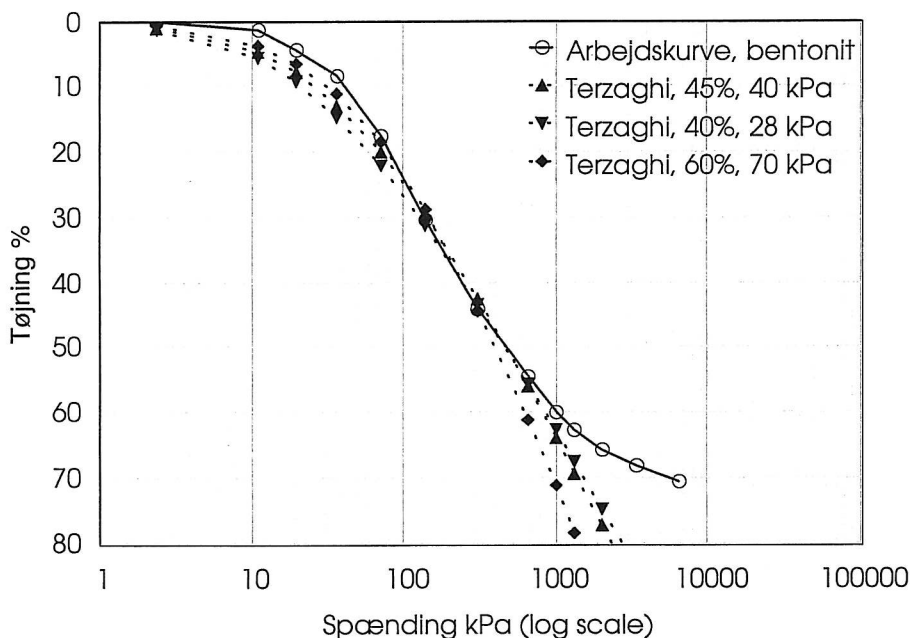


Fig. 3 Den aktuelle Arbejdscurve sammenlignet med tre forskellige Terzaghi-kurver.

På en Terzaghi-kurve, $\varepsilon = Q \log (1 + (\sigma'/\sigma'_\kappa))$, findes kurvens maksimale krumning ved $\sigma' = 0.62 \sigma'_\kappa$.

Anvendelse af Casagrande konstruktion:

Tangenten til kurven i det punkt med størst krumning får hældningen $0.38Q$. For en vinkel mellem tangenten og en vandret linie på $30^\circ - 40^\circ$ får vinkelhalveringslinien hældningen $\sim 0.17 Q$.

Skæringspunktet mellem vinkelhalveringslinien og kurvens asymptote, $\varepsilon = Q \log (\sigma'/\sigma'_\kappa)$, findes ved $\sigma' \sim 2 \sigma'_\kappa$,

Sætter vi $Q = 45\%$, som er den størst målte hældning på den aktuelle arbejdscurve, giver den bedste Terzaghi-kurve $\sigma'_\kappa = 40$ kPa og forkonsolideringsspændingen findes til $\sigma'_{pc} = 2 \times \sigma'_\kappa = 80$ kPa, en værdi, der ligger i det spændingsinterval indenfor hvilket krybningsdekadehældningen antager den maksimale værdi.

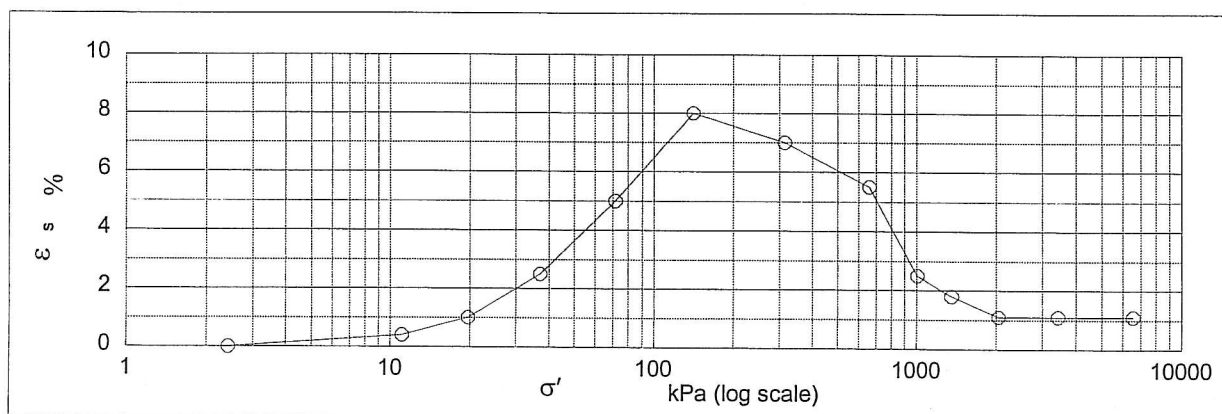
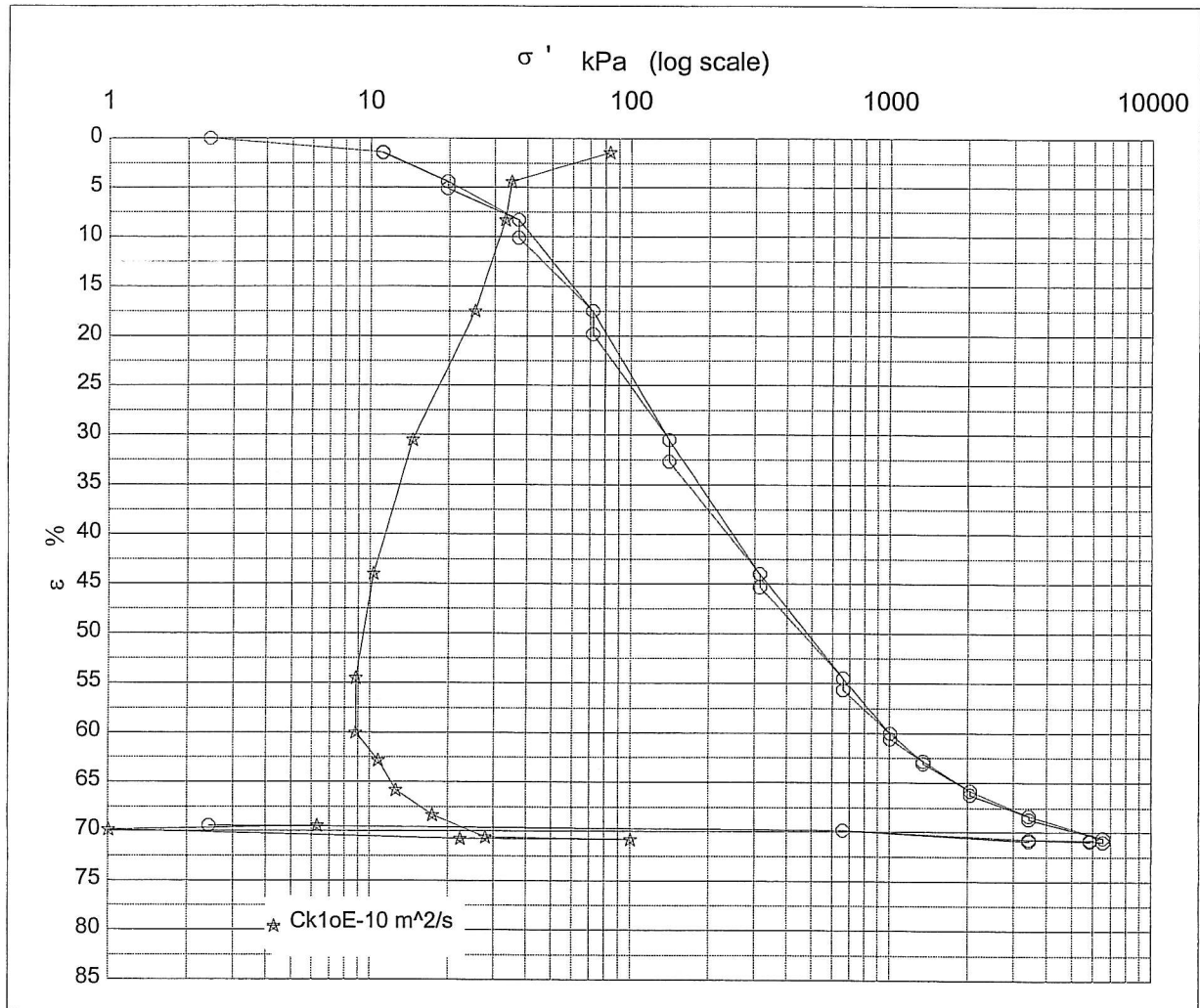
7. Kommentarer til forsøgsresultater

Der er kun udført 1 konsolideringsforsøg og forsøgsperioden har været godt et år. Det ville betyde en væsentlig forbedring af resultaterne, hvis der blev udført forsøg med samme bentonitmateriale, men med forskelligt begyndelsesvandindhold og bedre observationer af materialegenskaber, f.eks. styrken i materialet samt hvor lang tid materialet har stået og "konsolideret" sig.

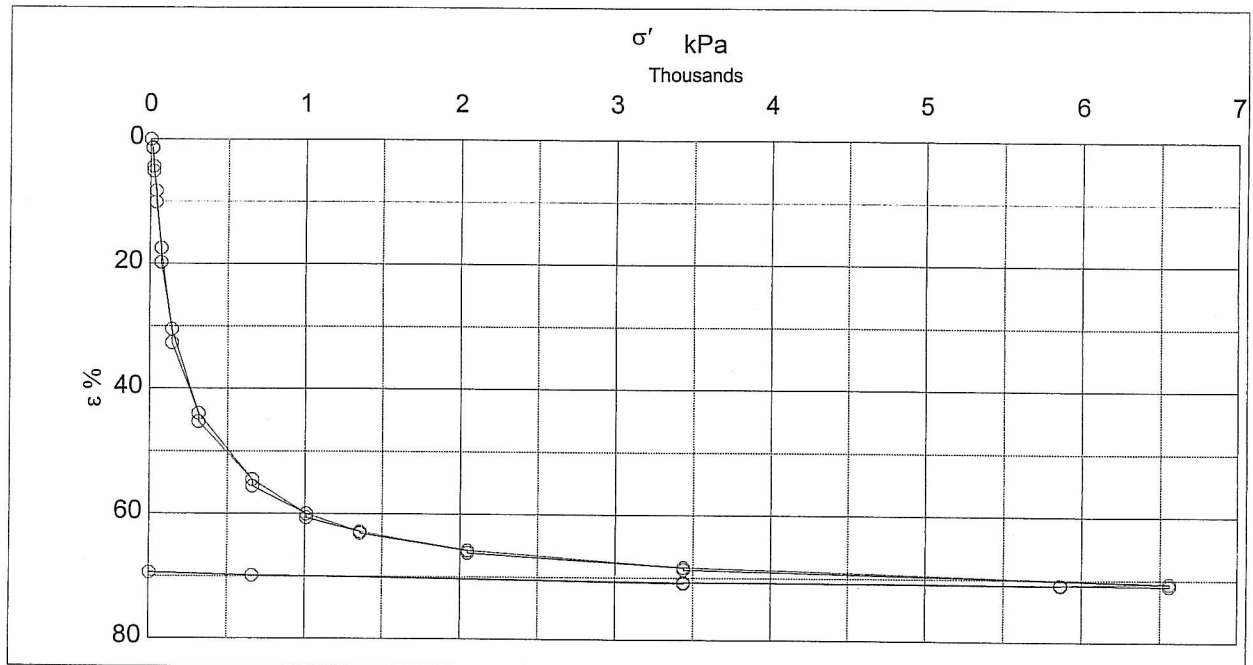
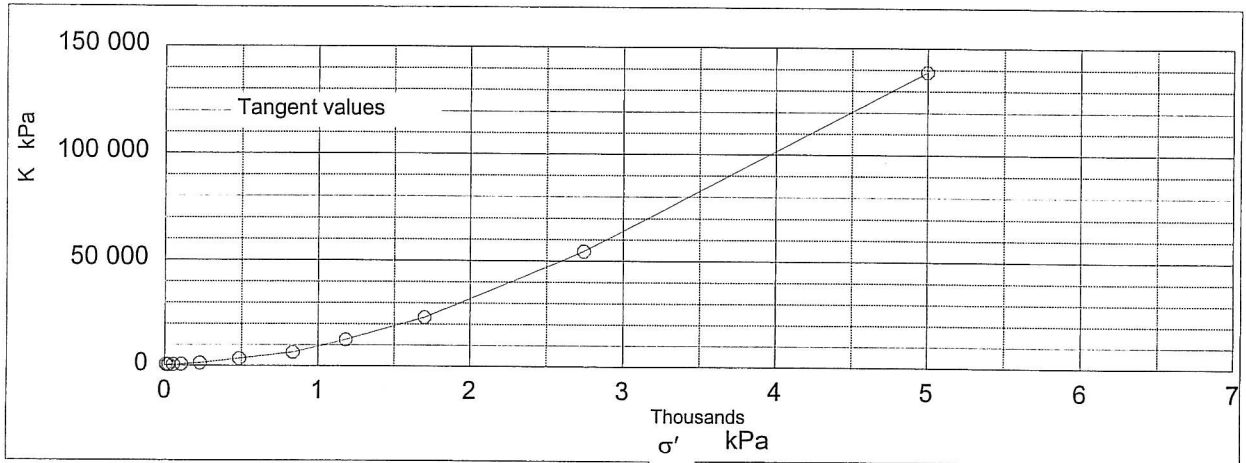
8. Referencer

Dgf-Bulletin 15: *Laboratoriehåndbogen, afsnit 5, konsolideringsforsøg*. Dgf's laboratoriekommité, December 2001. ISBN NO 87-89833-12-0.

Description of soil: Bentonit		Water content %	Before	After
		Bulk density Mg / m ³	191.8	32.9
		Grain density Mg / m ³	1.22	1.9
Bor no :		Void ratio	~5.5	~0.9
Lab. no: Bento 1	Overburden pressur σ_o kPa	Degr. of Saturation %		100
Level :	Vane strength c_v kPa	Dimension H x D mm	30x60	9x60
	CPT - value q_c MPa			



Job:		AAU
Bentonit		Encl. No
		1
Executed:	AMS/gt	Approved
Checked:		



Test results		σ' kPa	ϵ_c %	ϵ_s % / lct	Ck10 m ² /s	σ'_m kPa	K kPa	w%
Q	~45 %	2.4	0.00	-	-	-	-	
Qs	~8 %	11.1	1.42	0.40	8.3E-09	6.8	610.8	191.8
σ'_{pc}		19.8	4.40	1.00	3.5E-09	15.4	291.1	188.4
		37.1	8.30	2.50	3.3E-09	28.5	444.8	181.3
		71.8	17.50	5.00	2.5E-09	54.5	377.1	171.9
		141.2	30.50	8.00	1.5E-09	106.5	533.8	149.9
		314.7	44.00	7.00	1.0E-09	228.0	1285.0	118.8
		661.6	54.50	5.50	8.9E-10	488.2	3304.4	86.5
		1 008.6	60.00	2.50	8.9E-10	835.1	6308.3	61.4
		1 355.6	62.80	1.80	1.1E-09	1 182.1	12391.3	48.3
		2 049.5	65.80	1.10	1.3E-09	1 702.5	23130.5	41.6
		3 437.3	68.35	1.10	1.8E-09	2 743.4	54424.7	34.4
		6 559.9	70.60	1.10	2.8E-09	4 998.6	138783.1	28.3
		5 866.0	70.83	0.40	1.0E-08	6 213.0	-301702.4	22.9
		3 437.3	70.75	0.30	2.2E-09	4 651.7	2914561.9	22.4
		661.6	69.84		1.0E-10	2 049.5	306138.1	22.6
		2.4	69.44		6.3E-10	332.0	166188.5	24.7

Remark:

Job: Bentonit

AAU

Encl. No
1a

Executed: AMS/gt

Approved

Checked:

